

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-075210

(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl. G02B 21/00
 A61B 19/00
 G02B 6/00
 G02B 23/24
 G02B 26/10

(21)Application number : 11-258521

(71)Applicant : UNIV LELAND STANFORD JR

(22)Date of filing : 07.11.1996

(72)Inventor : DAVID L DICKENSHEETZ
 GORDON S QUINO

(30)Priority

Priority number : 95 6303
 95 575687

Priority date : 07.11.1995
 19.12.1995

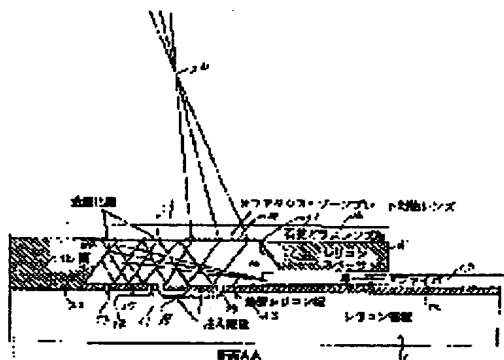
Priority country : US
 US

(54) COMPACT SCANNING CONFOCAL MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a compact scanning confocal microscope using an electrostatically actuated scanning mirror by providing a micro machining scanning mirror making light from an optical fiber scan along a 1st direction and a direction orthogonally crossing to the 1st direction and electrostatically driving the micro machining scanning mirror.

SOLUTION: A light beam from an optical fiber 13 is reflected on a 1st scanning mirror 17 from an etching <111> surface 22 first, then, reflected on a 2nd scanning mirror 18 from a metallized mirror 24 on a lens plate 16 and returned. Then, the light beam is reflected from the mirror 18 and passes through an off-axis zone plate objective lens 19 so that output from the optical fiber 13 is formed into an image at a point 26 on a sample surface. Then, the mirrors 17 and 18 are electrostatically driven and rotated and the light beam reflected and returned from a sample is formed into the image by the lens 19 again, returned to the optical fiber 13 along the same path, detected and processed so as to form the image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3330906

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-75210

(P2000-75210A)

(43) 公開日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 21/00		G 0 2 B 21/00	
A 6 1 B 19/00	5 0 6	A 6 1 B 19/00	5 0 6
G 0 2 B 6/00		G 0 2 B 23/24	B
23/24		26/10	1 0 1
26/10	1 0 1	6/00	Z
審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-258521
(62) 分割の表示 特願平8-294997の分割
(22) 出願日 平成8年11月7日 (1996.11.7)

(31) 優先権主張番号 60/006303
(32) 優先日 平成7年11月7日 (1995.11.7)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)
(31) 優先権主張番号 08/575687
(32) 優先日 平成7年12月19日 (1995.12.19)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 591036321
ザ ボード オブ トラスティーズ オブ
ザ リーランド スタンフォード ジュ
ニア ユニバーシティ
アメリカ合衆国94304-1850 カリフォル
ニア州パロ・アルト、ウェルチ・ロード
900番 スウィート350
(72) 発明者 ディヴィッド エル ディッケンシーツ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94305 スタンフォード エスコンディ
ヴィレッジ 71エフ
(74) 代理人 100059959
弁理士 中村 稔 (外6名)

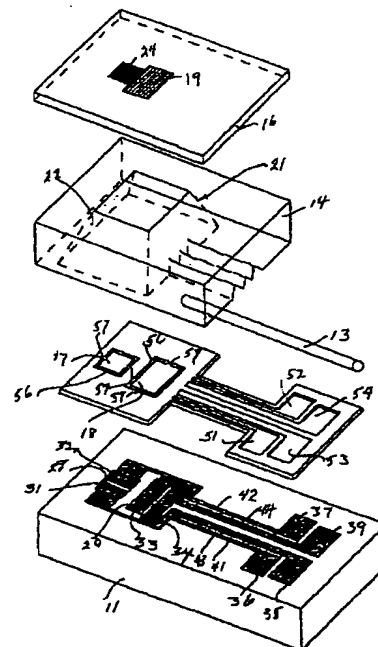
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小型走査共焦点顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ機械加工されて静電的に作動する走査鏡とマイクロ機械加工されたバイナリレンズを使用した小型走査光学顕微鏡を提供すること。

【解決手段】 点光源として機能し且つ反射光を集光する光ファイバを含む走査光学顕微鏡が、開示されている。視野を走査するために光を走査させる走査機構と共に、光ファイバからの光を像平面上で合焦させて像平面から反射した光を集め、それを光ファイバ内に合焦させるレンズもまた、開示されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 点光源として機能する一方の端部を有する単一モード光ファイバと、該ファイバの前記一方の端部からの光を焦点面上の点上に合焦させると共に該点から反射される光を集光して光ファイバの端部に前記光を合焦させるレンズと、を含む型の走査光学顕微鏡であって、ファイバからの光を受光して第一の方向に沿って光を走査させる第一のマイクロ機械加工走査鏡と、第一の鏡からの光を受光して該光を直交方向に走査させ、それにより、前記第一及び第二の方向に焦点面上の点を走査する第二のマイクロ機械加工走査鏡と、を含む、ことを特徴とする走査光学顕微鏡。

【請求項 2】 鏡が共面である、ことを特徴とする請求項 1 に記載の走査光学顕微鏡。

【請求項 3】 光ファイバからの光を受光してそれを第一の鏡上に案内する傾斜反射鏡と、前記第一の鏡からの光を受光してそれを第二の鏡上に反射させ、該第二の鏡から光が合焦レンズに案内されるように配設された反射鏡と、を含む、ことを特徴とする請求項 1 に記載の走査光学顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本出願は、1995年11月7日に出願された仮出願第60/006303号の優先権を主張するものである。本発明は、一般には小型共焦点顕微鏡に関し、特にマイクロ機械加工鏡を用いた走査共焦点顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 生物学、医学及び半導体処理工程でよく普通に用いられる標準的な光学顕微鏡は、大型である。一般的には、組織標本は、顕微鏡スライド上に取り付けられた後に、生体外で観察される。このような顕微鏡は、大型すぎるので、皮膚や人体の内部器官の生体内観察には適さない。従って、皮膚の黒腫の観察、歯及び歯肉の観察、動脈、静脈及び人体器官内の細胞の内視鏡検査に使用することができる小型顕微鏡が望まれている。最終的に、かかる顕微鏡を皮下注射針内に取り付けることができるならば、生体内生検を行うために、或いは、静脈、動脈、人体の他の血管内の血流やプラズマ、涙管内の流体、及び小血管内の全体的な状態等の、人体の顕微鏡的特徴を観察するために、好適であろう。小型顕微鏡の生物学的用途について説明がなされているが、本発明の小型顕微鏡を、小管を通過させる内視鏡観察や半導体その他の材料の処理工程時における現局位置での観察に使用することができる。

【0003】 現在の趨勢は、カテーテル内に取り付けられた小型器具で臨床処置を行うこと、光ファイバ装置で血管

内の内部観察を行うこと、並びにレーザ及び光ファイバ技術を用いて手術を行うことである。このような処置を用いることにより、旧来の外科的方法を用いた場合より、人体に対する損傷が遙かに減少する。内視鏡で現在得られる最良の解像度は10乃至20 μ m程度であるので、顕微鏡レベルでの処置観察は、有益であろう。他の例としては、生検の実施が極端な痛みを伴う子宮内の癌細胞の観察である。この目的の体内撮像技術は、組織をそのまま残し、現在の医療慣習を相当改善するものとなっている。従来、幾つかの光ファイバ顕微鏡が提案されてきたが、それらはいずれも大き過ぎたり緩慢過ぎたりで、フレーム時間は、数秒程度であり、解像度は極めて劣っていた¹⁻⁶。従って、これらの顕微鏡は、顕微鏡レベルでの体内実時間撮像には適していなかった。

【0004】 本発明者らは、近年の論文で振動ファイバ顕微鏡について報告した。約0.8mm平方の振動ガラス棒の端部に、フォトリソグラフィック手段で製作したフレネルレンズを取り付けた。棒の他方の端部に接着した光ファイバからレンズを照射し、レンズから約1mmの距離に直径1.8 μ m程度のスポットを形成した。観察対象から反射された光は、ファイバとレンズを通過して検出器に達する。検出器からの信号は、適当な処理を行った後に、画像変換器を介してビデオ画像として表示された。断面矩形の棒は、該棒と外側管との間に印加された静電界により、x及びy方向に僅かに異なる機械的共振周波数で、振動させた。従って、レンズからの合焦スポットは、ラスタパターン（リサージュ模様）を形成した。振動周波数は、8kHz程度であり、単一フレームの画像の形成には、約1/20秒かかった。解像度は、約2 μ mであった。この顕微鏡は、固定された大構造で振動棒を支持しなければならず、支持構造が大型化して体内での使用に適さない、という欠点を有していた。

【0005】 本発明の目的は、マイクロ機械加工小型走査光学顕微鏡を提供することである。本発明の別の目的は、マイクロ機械加工されて静電的に作動する走査鏡を使用した小型走査光学顕微鏡を提供することである。本発明の更に別の目的は、マイクロ機械加工されて静電的に作動する走査鏡とマイクロ機械加工されたバイナリレンズを使用した小型走査光学顕微鏡を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、単一モード光ファイバ光源／検出器と合焦対物レンズとの間に配設されて静電的に作動する走査鏡を含む、走査光学顕微鏡が提供される。本発明の上記及びその他の目的は、添付図面に基づいて読まれる以下の説明から、より完全に理解されよう。

【0007】

【発明の実施の形態】 本発明による小型走査共焦点顕微

鏡は、図1の斜視図、図2の分解図、及び図3乃至図5の断面図に示されている。顕微鏡は、シリコン基板11、接着シリコン板12、単一モード光ファイバ13、シリコンスペーサ14、シリコンスペーサ14に接着された石英ガラスレンズプレート16を含む。接着シリコン板12は、単一モード光ファイバ13と石英ガラスレンズプレート16内に形成された小型対物レンズ19との間に配設される一対のマイクロ機械加工走査鏡17、18を含む。シリコンスペーサ14は、 $\langle 111 \rangle$ 面22を有する開口部21を形成するようにエッチングされた $\langle 100 \rangle$ シリコンから成る。図3を参照すると、ファイバ13からの光ビーム23は、まず、エッチング $\langle 111 \rangle$ 面22から第一の走査鏡17上に反射され、次に、レンズプレート16上の金属化鏡24から第二の走査鏡18上に反射されて戻る。次いで、光ビームは、第二の走査鏡18から反射して、石英ガラスレンズプレート16内にエッチングされたオフアクシス・ゾーンプレート対物レンズ19を通過する。該レンズは、ファイバからの出力を標本面上の点26に像形成する。鏡が回転すると、この点は視野全体に亘り走査される。標本から反射して戻った光は、レンズ19により再び像形成され、同じ経路に沿ってファイバに戻り、検出されて像形成するように処理される。ファイバは小さなピンホールのように振る舞うので、装置は、共焦点顕微鏡であり、共焦点走査光学顕微鏡から期待される有効範囲と横方向解像度を有する。

【0008】鏡走査器は、シリコンマイクロ機械加工技術を用いて製造される。走査器及び空間光変調器に使用されるマイクロ機械加工振れ鏡は、非常に多くの著者により報告がなされている。二枚の鏡の回転軸線は、一方の鏡がx方向の光ビームを走査し、他方の鏡がy方向の光ビームを走査するように、直交している。やがて説明されるように、鏡17、18は、静電的に回転駆動される。シリコン基板11は、鏡17、18の下側に離間した凹部28、29を形成すべくマスキングをしてエッチングされ、鏡17、18が回転し得るようにしている。基板をマスキングし、導電領域を形成するように不純物が注入される。より詳細に言えば、凹部28の底部に二つの導電領域31、32が形成され、凹部29の底部に二つの導電領域33、34が形成される。これらの領域は、イオン注入リード線41、42、及び43、44を介して、イオン注入接触領域36、37、及び38、39に接続される。表面には、接着熱酸化物層46が形成される。凹部28、29内の酸化物上には、窒化シリコンキャップが形成され、後続の金属化工程時の絶縁体を構成している。

【0009】シリコン板12は、板上の酸化物層及び基板酸化物46を介して、基板11に接着される。板12上には、窒化シリコン層47が形成されており、また、適当なマスキング及びエッチングにより窓51、52及び53、54が形成され、接触領域36、37及び3

8、39を露出させている。鏡17、18は、窒化シリコン細片57をヒンジとして残して、スロット56をエッチングすることにより画定される。エッチングによりヒンジの下側からシリコンを除去する一方、鏡面の下側のシリコンは残して、硬質の鏡を構成する。鏡を画定した後、シリコン板12の上に導電層を堆積し、鏡の表面上に、反射面と、導電領域31、32及び33、34と共働して鏡をヒンジの周りに回転させる静電力を付与するキャパシタの一方の板を構成する。鏡の作動は、鏡の表面上の導電薄膜と個々の注入領域31、32及び33、34との間に電圧を印加することにより、達成される。導電薄膜は、また、注入接触領域36、37、及び38、39も覆っている。シリコン板12の上側表面の薄膜は、接触領域の薄膜とは接触しない。

【0010】図6のオフアクシス・ゾーンプレート対物レンズは、電子ビームリソグラフィックパターン転写及び異方性リアクティブイオンエッチングを用いて、製造される。レンズに対する光ビームの入射角及び射出角は、特に、レンズから放出されたビームが二次収差を生じることなく視野の全体に亘り十分に合焦するように、設計される。レンズ格子の局部構造は、オンアクシス像形成用に設計された同様のレンズに対するレンズ効率を増加させるべく、それ自体最適化されている。顕微鏡により形成される像の質は、レンズの構造により左右される。伝統的な顕微鏡対物レンズは、像の収差を最小にするように組み合わせられた多くのガラス要素から構成されている。本発明の場合、極めて単純な単一要素の対物レンズの使用からくる利益がある。単一光波長のレーザ光源を用いているため、より一般的な屈折型でなく回折型レンズを用いることができる。回折型レンズが関連設計パラメータの厳格な制御の下でリソグラフィ的に製造し得るので、これは、製造上の観点から著しい利点である。しかしながら、単一の回折型レンズ要素で顕微鏡を実現しようとした場合、収差の無い像形成は期待し得ないものとされている。

【0011】軸方向に対称な格子レンズの収差は、良く知られている。この用途では、高解像度、従って、対物レンズ内の高開口数が望まれる。レンズ絞りを有する軸方向対称格子レンズ内の開口数を制限する主収差（所謂三次収差）は、非対称収差である。ジグザグの光路を顕微鏡に使用した場合、軸方向には対称ではないがレンズ法線から一定角度で入射する光ビームから像を形成するように設計されたレンズが必要となる。一般に、このようなオフアクシスレンズは、線形非点収差と呼ばれる一層重大な二次収差を受ける。しかしながら、対象ビーム及び像ビームの入射角が適正に選定されるならば、二次非点収差は消失し、像形成は、再び三次非対称収差の影響を受ける、ことが見出された。角度の制約は、図7で定義した α_1 、 α_2 、 γ_1 及び γ_2 を用いて、以下の式で表される。

$$[0012] \sin(\alpha_1) / r_1 = \sin(\alpha_2) / r_2$$

このレンズの位相関数は、視野の中心点 P_1 及び P_2 が互いの完全な像となるものである。レンズ平面の法線に対して入射及び射出ビームが形成する角度に対するこの制約に基づいて顕微鏡が構成されている場合、オフアキシスレンズの像形成収差は、より一般的な軸方向に対称なレンズの収差と全く同様である。この関係から著しく逸脱すると、計器の性能は極端に悪くなり、従って、上述した構造的関係は、顕微鏡の動作に極めて重要である。他方、オフアキシス像形成に有利な状況が存在する場合、全体寸法を極めて小さく且つ構造を単純に維持しつつ、ジグザグ光路を有する顕微鏡を実現することが可能となる。

【0013】図から、物体平面及び像平面が光ビームの走行方向に対して垂直である、ことに最終的に留意されたい。反射顕微鏡の場合、レンズが標本から反射された光を集光しなければならないので、このことは重要である。標本平面が入射ビームに対して傾斜している場合、反射光は、その経路を再び辿ってレンズに戻ることができない。図8には、単一モード光ファイバ照射/検出系が示されている。波長632.8ナノメートルの3mwヘリウム-ネオンレーザ等の光源61は、単一モード光ファイバ62の一方の端部に光を供給する。該ファイバは、点光源及び顕微鏡の共焦点動作の検出器として機能するファイバ13に光を伝送する可撓性導管として使用される。単一レンズは、ファイバからの光を標本上で合焦させ、後方散乱光を集光する。方向性結合器63は、標本からの反射光を光検出器64上に誘導して出力信号66を得る。

【0014】走査検出器の電子インタフェースは、原理的には単純である。図9及び図10を参照すると、各走査鏡は、回転軸線の両側に一つづつ、対称的に配設された二つの電極31、32及び33、34により駆動される。電極と鏡平面との間に電圧を印加すると、電圧の大きさの二乗に比例する吸引静電力が生じる。鏡を一方又は他方向に傾斜させると、一方の電極に電圧が同時に印加され、鏡を当該電極の方に偏向させる。振動動作の場合、電圧を常に正に維持するのに十分な直流バイアスを有する正弦波駆動電圧67が電極に印加される。反対側の電極には、逆の位相を有する電圧68が印加されるので、一方の側が最大電圧となると、他方の側はゼロ電圧となって、鏡に正味振じり力が加わる。駆動信号の周波数は、鏡をその自然共振又はオフ共振状態で振動させるように、調節してもよい。共振付近では、鏡の動作は、駆動電圧波形に対して移相される。標本から反射された検出光から画像を形成するために、鏡の正確な位置を知ることが必要である。この目的で、走査変換器69が用いられる。該走査変換器は、駆動信号とファイバからの検出光信号とを入力し、モニタ71上での表示或いはコンピュータ72上での捕獲に適したラスタ走査画像

を出力する。

【0015】制御方式としては、二種類が可能である。最も簡単なものは、図9に示すオープンループ制御である。ここでは、鏡の位置を予測するためには駆動電圧だけを監視すればよいという程度まで十分に鏡に対する運動応答が既知である、と仮定されている。次に、走査変換器は、ビームの計算された位置に対する検出光信号の強度を写像する。他方の方式は、図10のクローズドループ制御である。ここでは、鏡の位置は、独立に監視され、この情報は、鏡の動作を駆動電圧波形に応じて係止しようとするフィードバック方式において使用される。鏡の位置を監視する最も簡単な方法の一つは、鏡板と駆動電極との間の静電容量を測定することである。この静電容量は、鏡の角位置と共に変動するので、静電容量の変動を監視することにより、鏡の位置の直接測定値が得られる。閉ループ制御の場合、制御ループは、鏡の動作を駆動電圧に正確に従わせることができるので、走査変換器は、x及びy駆動信号を使用して、鏡の運動についての特定の知識を要することなく、ビームの適正位置に対する強度を直接写像することができる。

【0016】顕微鏡は、長さ6mm、幅2.5mm、高さ1mmとして構成された。走査鏡17は、 $300\mu\text{m} \times 360\mu\text{m}$ 、走査鏡18は、 $500\mu\text{m} \times 600\mu\text{m}$ であった。単一モード光ファイバ13は、直径 $125\mu\text{m}$ であった。顕微鏡は、ラスタ走査像とリサージュ走査像が得られるように作動させた。第一の例では、顕微鏡は、 $4\mu\text{m}$ の中心上の幅 $2\mu\text{m}$ のクロム線、及び $5\mu\text{m}$ の線を備えたガラス基板を走査するために使用された。鏡17は、約20Vのピーク間正弦波電圧を用いて、2.71kHzの周波数で走査された。鏡18は、約25Vのピーク間正弦波電圧を用いて、5Hzの周波数で駆動された。視野は、 $30 \times 24\mu\text{m}$ であった。その結果生じたラスタ走査像は、図11に示されており、これは、5Hzのフレーム速度で271線/フレームを有する。2 μm 線は符号76で示されており、5 μm 線は符号77で示されている。

【0017】第二の例では、顕微鏡は、 $4\mu\text{m}$ の中心上の幅 $2\mu\text{m}$ のクロム線、及び $10\mu\text{m}$ の中心上の5 μm 線を有するガラス基板を走査するために、使用された。鏡17は、約30Vのピーク間正弦波電圧により、4.3kHzの周波数で走査された。鏡18は、約25Vのピーク間正弦波電圧により、1.07kHzの周波数で駆動された。視野は、約 $80\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$ であった。その結果生じたリサージュ走査像を、図12に示す。フレーム速度は、268線/フレームで8Hzであった。2 μm 及び5 μm 線は、それぞれ、符号78及び79で示す。もう一つの例では、顕微鏡は、U字形トレンチを有する食刻シリコンテスト構造を走査するために、使用された。鏡17は、30Vのピーク間正弦波電圧により、4.3kHzの周波数で走査され、 $80\mu\text{m} \times 60\mu\text{m}$

の視野が付与された。図13には、その結果生じたりサーチ走査像が示されている。トレンチは、符号81で示す。フレーム速度は、268線/フレームで8Hzであった。

【0018】第四の例では、顕微鏡は、ガラススライド上の赤血球を走査するために使用された。鏡17は、30Vのピーク間正弦波駆動電圧により1.07kHzの周波数で走査された。鏡18は、15Vのピーク間正弦波駆動電圧により1.07kHzの周波数で駆動された。視野は、40μm×60μmであった。その結果得られたリサーチ走査像を図14に示す。赤血球は、符号82で示されている。フレーム速度は、268線/フレームで8Hzであった。以上、本発明の特定の実施形態を説明してきたが、本発明から逸脱することなく変形を行うことが可能である。例えば、鏡を単一支柱上に片持ち支持又は支持してもよい。オフアクシス格子レンズを反射型レンズとすることもできる。マイクロ機械加工顕微鏡は、一層小型化して、皮下注射針内に取り付け可能な走査顕微鏡を構成することができる。かくして、マイクロ機械加工走査鏡及び部品を利用した小型走査共焦点顕微鏡が提供された。

【0019】【参考文献】

1. L. ジニウナス、R. ジャスカイティス及びS. J. シャターリン共著「走査光ファイバ顕微鏡」電子通信、第27巻、724-726頁(1991年)
2. T. ダブス及びM. グラス共著「光ファイバ共焦点顕微鏡-FOCON」、応用光学、第31巻、3030-3035頁(1993年)
3. L. ジニウナス、R. ジャスカイティス及びS. J. シャターリン共著「光切開機能を有する内視鏡」、応用光学、第32巻、2888-2890頁(1993年)
4. R. ジャスカイティス及びT. ウイルソン共著「直視型光ファイバ共焦点顕微鏡」、光通信、第19巻、1906-1908(1994年)
5. P. M. デラニ、M. R. ハリス及びR. G. キング「蛍光撮像に適した光ファイバレーザ走査共焦点顕微鏡」応用光学、第33巻、573-577頁(1994年)
6. A. F. グルニトロ及びD. アジス共著「光ファイバ撮像束を用いた共焦点顕微鏡」光学通信、第18巻(1993年)
7. D. ディケンシート及びG. S. キノ共著「走査光ファイバ共焦点顕微鏡」SPIE紀要、2184号、39-47頁(1994年)
8. K. E. ベターソン著「シリコン振じり走査鏡」、IBM研究部紀要、第24巻、631-637号(1980年)
9. M. G. アレン、M. シーデル及びR. L. スミス共著「一体位置検知機能を有する可動マイクロ機械加工

シリコン板」センサとアクチュエータ、A21-A23巻、211-214頁(1990年)

10. V. P. ジャクリン、C. リンダ、N. F. デルーイ、J. M. モレ、R. ビュレミー共著「光変調器アレイ用行アドレス指定可能振じれ顕微鏡」センサとアクチュエータ、第41-42巻、324-329頁(1990年)

11. M. フィッシャ、H. グラフ、W. フォン・マンチ共著「静電的に偏向可能なポリシリコン振じれ鏡」、センサとアクチュエータ、A44、83-89(1994年)

12. K. E. マトソン著「表面マイクロ機械加工走査鏡」、超小型電子工学技術、第19巻、199-204頁(1992年)

13. L. J. ホーンベック著「空間光変調及び方法」、米国特許第5061049号公報、1991年10月29日出願

14. L. J. ホーンベック著「空間光変調器」米国特許第4956619号、1990年、9月11日

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による小型共焦点走査顕微鏡の斜視図。

【図2】図1の顕微鏡の各部を示す分解組立図。

【図3】図1の線3-3に沿った断面図。

【図4】図1の線4-4に沿った断面図。

【図5】図1の線5-5に沿った断面図。

【図6】図1及び図2に概略が示されたゾーンプレート線を示した図。

【図7】オフアクシスゾーンプレートレンズの構造に採用された角度を示した図。

【図8】光ファイバ照射/検出構造を示した図。

【図9】走査鏡及び信号処理回路に関連したオープンループ電子駆動回路を示した図。

【図10】走査鏡及び信号処理回路に関連したクローズドループ電子駆動回路を示した図。

【図11】本発明による顕微鏡を用いて撮られたガラス基板上のクロム線の像を示した図。

【図12】本発明による顕微鏡を用いて撮られたガラス基板上のクロム線のもう一つの像を示した図。

【図13】本発明による顕微鏡を用いて撮られたシリコンテスト構造の像を示した図。

【図14】本発明による顕微鏡を用いて撮られた赤血球の像を示した図。

【符号の説明】

- 11…シリコン基板
- 12…接着シリコン板
- 13…単一モード光ファイバ
- 14…シリコンスペーサ
- 16…石英ガラスレンズプレート
- 17、18…マイクロ機械加工走査鏡
- 19…対物レンズ

23…光ビーム

28、29…凹部

31、32、33、34…導電領域

36、37、38、39…イオン注入領域

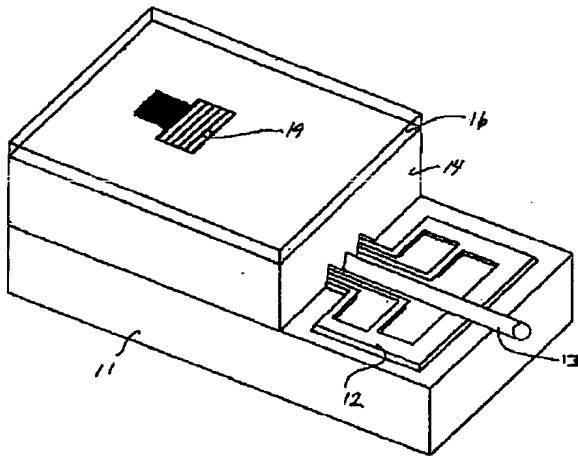
* 41、42、43、44…リード線

56…スロット

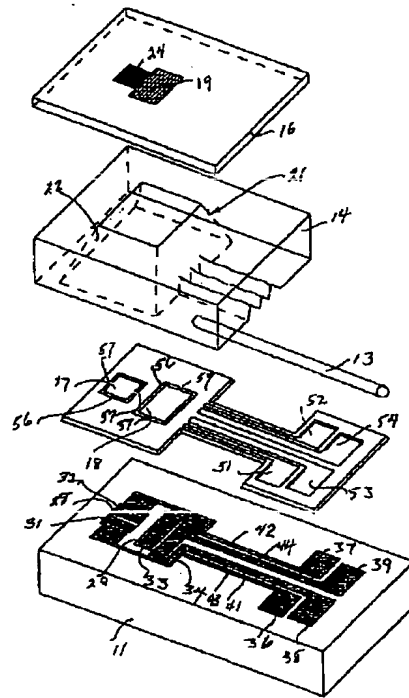
57…窒化シリコン細片

*

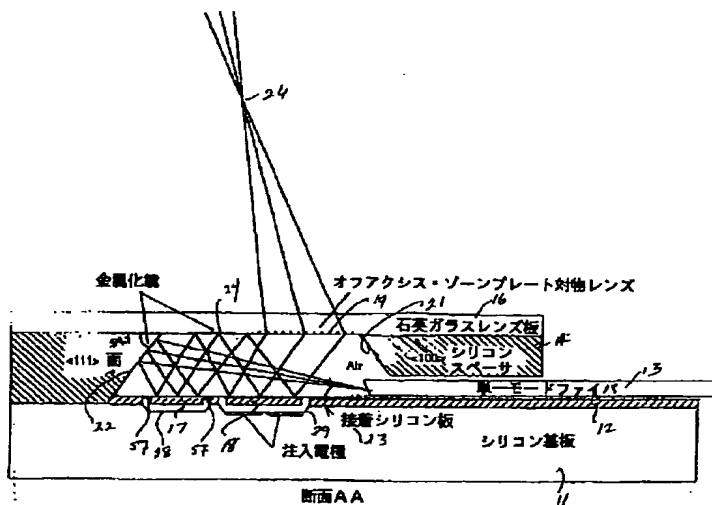
【図1】



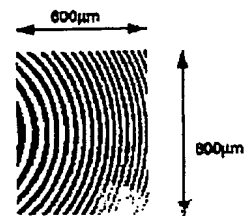
【図2】



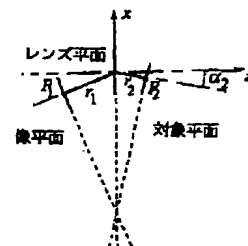
【図3】



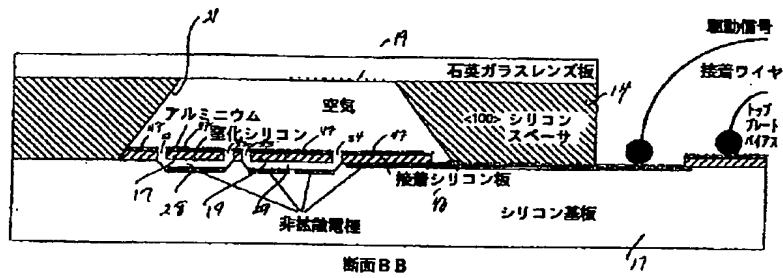
【図6】



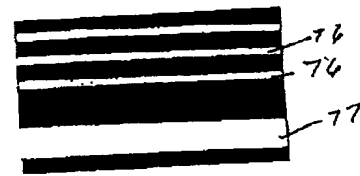
【図7】



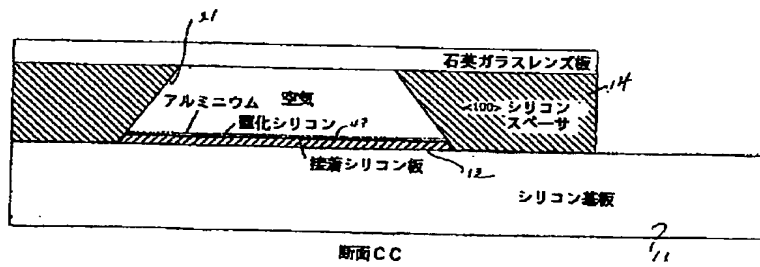
【図4】



【図11】



【図5】

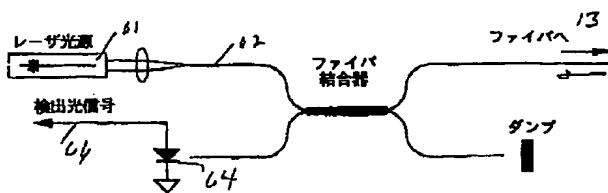


【図12】

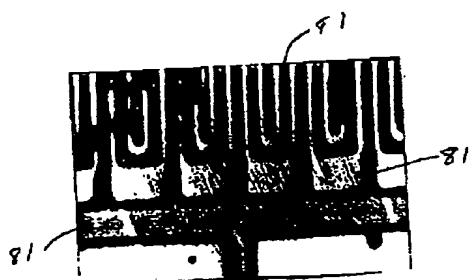


【図8】

ファイバ照射/検出構造



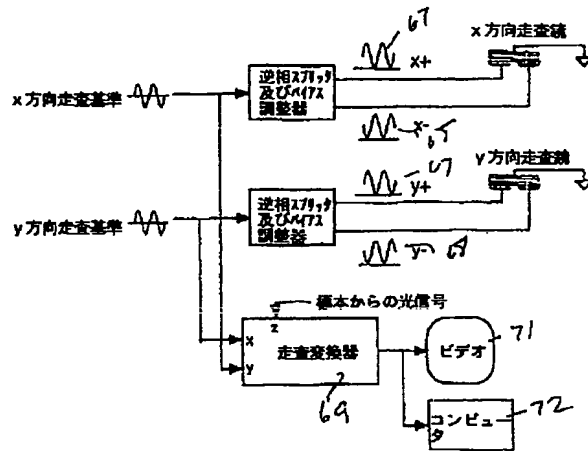
【図13】



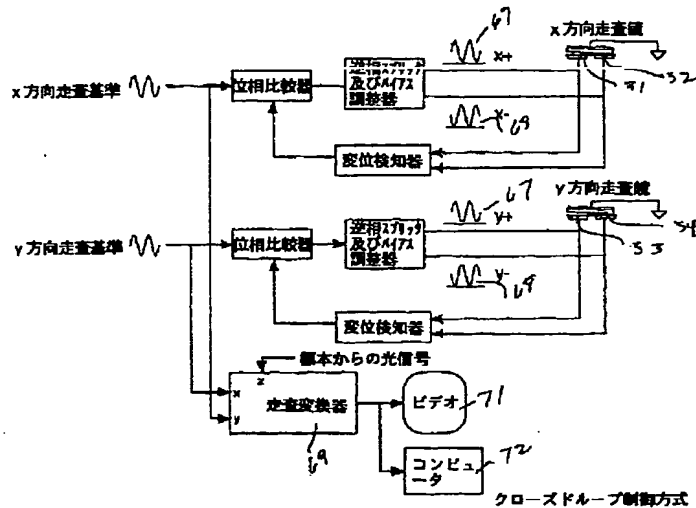
【図14】



【図9】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成11年9月17日（1999. 9. 17）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 点光源として機能する一方の端部を有する光ファイバと、該光ファイバの前記一方の端部からの

光を焦点面上の点に合焦させると共に該点から反射される光を集光して光ファイバの端部に前記光を合焦させるレンズと、を含む型の小型走査共焦点顕微鏡であって、
半導体処理工程によって作製され、前記光ファイバからの光を第一の方向及び第一の方向と直交する方向に沿って走査させるマイクロ機械加工走査鏡を有し、このマイクロ機械加工走査鏡を静電的に駆動することを特徴とする小型走査共焦点顕微鏡。

【請求項2】 前記マイクロ機械加工走査鏡は、前記光

ファイバからの光を第一の方向に沿って走査させる第一のマイクロ機械加工走査鏡と、光ファイバからの光を第一の方向と直交する方向に沿って走査させる第二のマイクロ機械加工走査鏡とからなることを特徴とする請求項 1 記載の小型走査共焦点顕微鏡。

【請求項 3】 前記第一及び第二のマイクロ機械加工走査鏡は同一基板上に設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の小型走査共焦点顕微鏡。

【請求項 4】 点光源として機能する一方の端部を有する光ファイバと、該ファイバの前記一方の端部からの光を焦点面上の点上に合焦させると共に該点から反射される光を集光して光ファイバの端部に前記光を合焦させるレンズと、を含む型の小型走査共焦点顕微鏡であって、

*

* 半導体処理工程によって作製され、ファイバからの光を第一の方向に沿って走査させる第一のマイクロ機械加工走査鏡と、半導体処理工程によって作製され、ファイバからの光を第一の方向と直交する方向に沿って走査させる第二のマイクロ機械加工走査鏡とを有し、第一及び第二のマイクロ機械加工走査鏡は一体的に設けられていることを特徴とする小型走査共焦点顕微鏡。

【請求項 5】 前記第一及び第二のマイクロ機械加工走査鏡は半導体処理工程によって同一基板上に形成されたものであることを特徴とする請求項 4 記載の小型走査共焦点顕微鏡。

【請求項 6】 前記光ファイバは単一モード光ファイバであることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 いずれか 1 項記載の小型走査共焦点顕微鏡。

フロントページの続き

(72)発明者 ゴードン エス キノ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
94305 スタンフォード シードロ ウェ
イ 867